

## Sensor Fusion Accelerometer dan Gyroscope untuk Pengukuran Perubahan Kinematik Pergelangan Kaki

Wahyu Andhyka Kusuma<sup>1\*</sup>, Zamah Sari<sup>2</sup>, Anggreani Tyas Sari<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Muhammadiyah Malang

kusuma.wahyu.a@umm.ac.id\*

### Abstrak

Sensor fusion merupakan metode penggabungan dua jenis sensor yang berbeda dimana memiliki karakteristik yang hampir sama untuk mendapatkan suatu fungsi baru. Salah satu fungsi dari sensor fusi adalah mendapatkan perbandingan antara dua sensor yang digabungkan. Penelitian tentang perubahan kinematik telah jamak dilakukan, hal ini dikarenakan dengan melihat perubahan kinematik manusia dapat menentukan pola pergerakan, klasifikasi, hingga proses rehabilitasi medis. Seluruh anggota tubuh yang terhubung oleh sendi dan bergerak dapat diukur nilai kinematiknya. Penelitian ditujukan pada pergelangan kaki untuk mengetahui langkah serta pergerakan naik turunnya pergelangan kaki, hasil dari penelitian ini diharapkan mampu mendukung penelitian lanjutan untuk membantu proses rehabilitasi medis pada pasien yang mengalami cedera pergelangan kaki. Penelitian yang dilakukan pada empat orang yang berbeda melakukan aktivitas lari, jalan lambat, jalan ditempat, dan jalan cepat didapatkan perbedaan rata-rata dari kedua sensor yang dihasilkan oleh gyro x dan acc x adalah 10,27%, gyro y dan acc y adalah -25,39%, gyro z dan acc z adalah -10,33%. Dari kedua sensor tersebut dapat disimpulkan bahwa accelerometer dan gyroscope dapat digunakan untuk mengukur besarnya perubahan kinematik.

**Kata kunci:** Sensor Fusi, Rehabilitasi Medis, Kinematik

### Abstract

Sensor fusion is a method of merging two different sensor types which have similar characteristics to gain a new function. One of the functions of sensor fusion is to get a comparison between the two sensors are combined. Studies of changes in kinematic has widely performed, this is due to see the human kinematic changes can determine movement patterns, classification, until the process of medical rehabilitation. All members of the body are connected by joints and moving can be measured kinematic value. Research carried out aimed at the ankle to determine the pace and movement of the ups and downs of the ankle, the results of this study are expected to support advanced research to help the process of medical rehabilitation in patients with an ankle injury. From the research carried out in four different activities run, slow road, going nowhere, and a brisk walk was no difference in the average of the two gyro sensors produced by x and acc x is 10.27%, gyro acc y and y is -25.39%, gyro z and z is -10.33% acc. From both of these sensors can be concluded that the accelerometer and gyroscope can be used to measure the kinematic changes.

**Keywords:** Sensor Fusion, Medical Rehabilitation, Kinematic

### 1. Pendahuluan

Setiap melakukan aktivitas fisik selalu dihadapkan kemungkinan cedera, dan cedera ini akan berdampak pada gangguan aktivitas fisik. Salah satu anggota tubuh yang sering terjadi cedera adalah bagian pergelangan kaki. Cedera pergelangan kaki dapat terjadi karena terkilir secara mendadak ke arah lateral atau medial yang berakibat robeknya serabut ligamentum pada sendi pergelangan kaki [1].

Kinematik didefinisikan sebagai ilmu tentang gerak dimana penyebab dari pergerakan tersebut tidak diperhatikan, juga termasuk gaya yang mempengaruhinya, hal tersebut berbeda dari kinetika [2]. Kinematik dapat mengetahui arah pergerakan dari bagian tubuh yang dihubungkan oleh sendi. Arah dari pergerakan tersebut selanjutnya dapat digunakan sebagai penelitian lanjutan untuk mengetahui efek cedera dan arah dari cedera itu sendiri. Dengan

mengetahui perubahan kinematik tersebut dapat digunakan dalam beberapa hal mulai dari rehabilitasi medis, pengukuran efisiensi dalam berlari hingga desain sepatu yang sesuai dengan karakteristik seseorang.

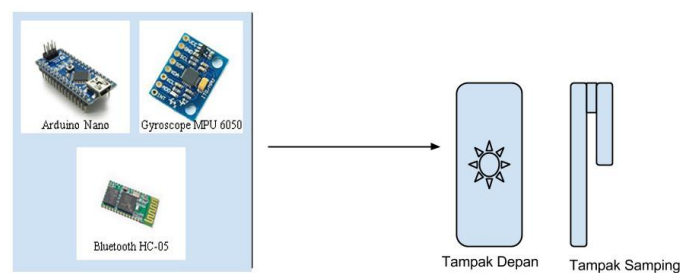
Pengukuran perubahan kinematik dapat menggunakan beberapa sensor sebagai contoh menggunakan *gyroscope*. *Gyroscope* merupakan sensor kecepatan angular yang digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi dari suatu benda [3]. *Gyroscope* berfungsi untuk mengukur atau menentukan orientasi suatu benda berdasarkan pada ketetapan momentum sudut, dengan kata lain *gyroscope* menentukan gerakan sesuai grafitasi yang dilakukan oleh pengguna. *Gyroscope* memiliki peranan yang sangat penting dalam hal mempertahankan keseimbangan suatu benda. Ouput yang dihasilkan oleh *gyroscope* berupa kecepatan sudut yang pada sumbu x akan menjadi  $\phi(\Phi)$ , sumbu y menjadi  $\theta(\theta)$ , dan sumbu z menjadi  $\psi(\psi)$ . Sistem koordinat sensor sama dengan penggunaan pada sensor percepatan. Rotasi bernilai positif dalam arah berlawanan arah jarum jam, maka dari itu proses pengamatan melihat dari beberapa lokasi positif pada x, y, atau z sumbu pada perangkat diposisikan pada titik asal akan melaporkan rotasi positif jika perangkat tampaknya berputar berlawanan arah jarum jam. Output dari *gyroscope* terintegrasi dari waktu ke waktu untuk menghitung rotasi yang menggambarkan perubahan sudut atas perubahan waktu.

Selain dengan menggunakan *gyroscope* pengamatan perubahan kinematik juga dapat dilakukan dengan menggunakan *accelerometer* yang memiliki karakteristik hampir sama dengan *gyroscope* hanya saja tidak memiliki keterkaitan dengan grafitasi. Dalam penelitian yang dilakukan menggabungkan dua sensor yakni accelerometer dan gyroscope untuk melihat perbandingan antara kedua sensor tersebut. Pada proses perhitungan tersebut dibutuhkan media untuk menyampaikan setiap data yang dihasilkan pada sumbu x, y, dan z. Penyampaian tersebut dilakukan dengan cara memberi setiap signal dari gyroscope yang dihasilkan menggunakan Bluetooth kepada Android. Bluetooth merupakan teknologi komunikasi *wireless* (*nirkabel*) yang beroperasi pada 2,4 GHz, Unlicense ISM (Industrial, Scientific, dan Medical) dengan menggunakan *frequency hopping transceiver* yang mampu menyediakan layanan komunikasi data dan suara secara *realtime* antara perangkat Bluetooth dengan jarak jangkauan yang terbatas ( $\pm 10\text{M}/30$  kaki).

Berdasarkan hal tersebut merancang sebuah alat yang dapat mengukur perubahan kinematik pergelangan kaki dengan menggunakan sensor *gyroscope* dan *accelerometer* yang digabungkan dengan perangkat Bluetooth.

## 2. Metode Penelitian

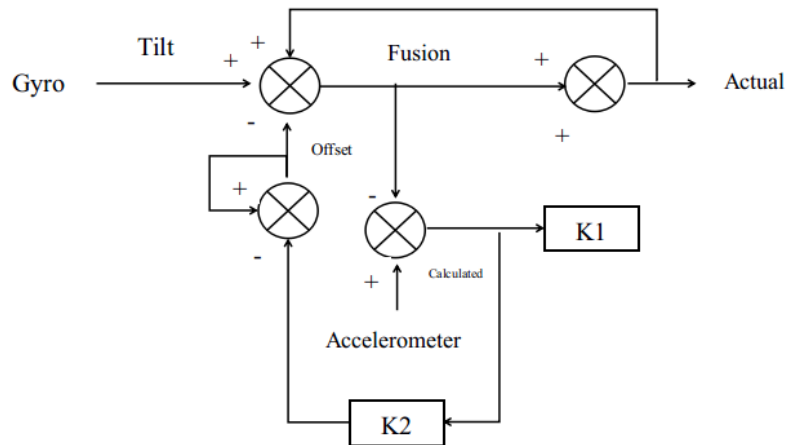
Penelitian yang dilakukan menggunakan sensor MPU6050 yang dihubungkan dengan Arduino dan Bluetooth HC-05 seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rencana Rancangan Sistem

Sensor *gyroscope* dan sensor *accelerometer* memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Sudut kemiringan yang dihitung dari data *accelerometer* memiliki waktu respon yang lambat, sedangkan sudut kemiringan yang terintegrasi dari data *gyroscope* mempunyai penyimpangan selama periode waktu tertentu. Dapat dikatakan bahwa data pada *accelerometer* berguna untuk jangka panjang sedangkan *gyroscope* digunakan untuk jangka pendek. Salah satu cara yang paling sederhana untuk menggabungkan data dari *gyroscope* dan *accelerometer* adalah dengan menggunakan *Complementary Filter* [4]. *Complementary Filter* dirancang sedemikian rupa sehingga kelebihan dari satu sensor akan digunakan untuk mengatasi kekurangan dari sensor lain yang dapat melengkapi satu sama lain. Tugas

*Complementary Filter* adalah untuk memanfaatkan sudut yang terintegrasi dari *gyroscope* dalam waktu singkat, kemudian *Low Pas Filter* data yang disaring dari *accelerometer* yang berguna untuk mengoreksi kemiringan sudut selama jangka waktu yang panjang [5]. Penyeimbang dari sensor *gyroscope* juga akan terus diperbarui dan diperbaiki seperti terlihat pada Gambar 2. Hal ini akan menghasilkan estimasi beban dari penyimpangan sudut dan cepat menanggapi pergeseran.



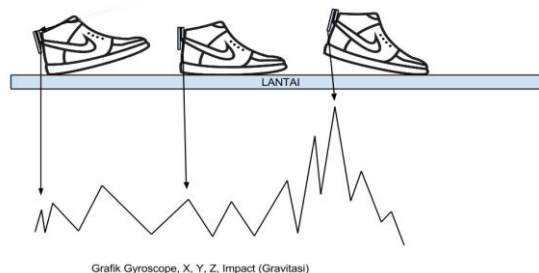
Gambar 2. Rancangan Complementary Filter

### 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Ruang lingkup merupakan hal yang sangat penting untuk menentukan sebelum sampai tahap pembahasan selanjutnya, agar pembahasan suatu masalah dalam penelitian dapat terarah atau fokus terhadap suatu tujuan penelitian dan dapat menyajikan hasil yang akurat. Pada penelitian ini, berfokus pada bagaimana mendapatkan nilai x, y, dan z yang dihasilkan oleh sensor *gyroscope* serta menganalisa setiap garis x, y, dan z.

#### 3.1. Pengambilan Data

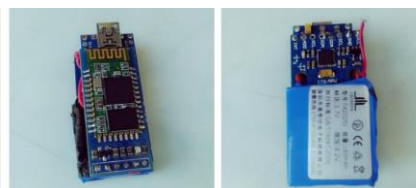
Pada bagian ini dijelaskan langkah – langkah dalam mendapatkan data perubahan kinematik, terdapat pada Gambar 3. Pada proses pengambilan data sensor diletakkan di belakang sepatu adapun data yang dianalisa adalah data satu langkah penuh.



Grafik Gyroscope, X, Y, Z, Impact (Gravitasi)

Gambar 3. Proses Peletakan Sensor

Semua sensor yang telah digabungkan dijadikan satu dengan baterai diletakkan dibelakang sepatu menggunakan pengait yang telah didesain khusus. Sebagai sumber daya digunakan baterai yang menyuplai selama proses pengambilan data secara *wireless*.



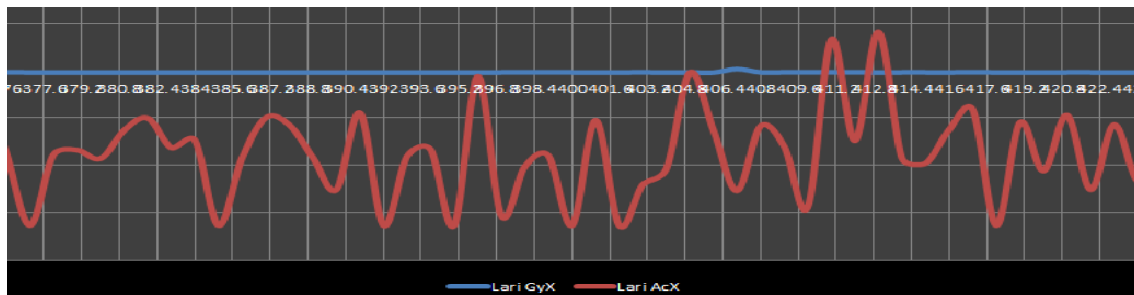
Gambar 4. Proses Peletakan Sensor

Penggabungan seluruh sensor seperti pada Gambar 4 mempermudah didalam proses pengambilan data selain untuk memperkecil bentuk sensor juga memudahkan dalam proses pengambilan data.

### 3.2. Pengujian Sistem

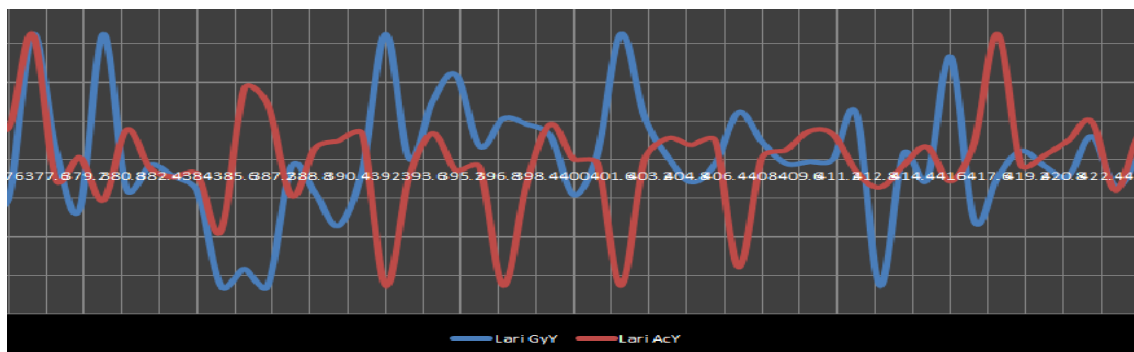
Pengujian dilakukan dengan melakukan 4 aktivitas yang berbeda. Aktivitas dilakukan selama 2 menit untuk masing-masing aktivitas. Aktivitas tersebut dilakukan oleh 4 orang penguji yang melakukan aktivitas antara lain lari, jalan cepat, jalan santai, jalan ditempat. Hasil pengujian tersebut didapatkan dari data yang dihasilkan oleh sensor gyroscope dan sensor accelerometer. Hasil tersebut bernilai x, y, dan z. Yang kemudian dibuat menjadi sebuah grafik untuk mempermudah melihat data yang dihasilkan oleh sensor tersebut.

Dari aktivitas lari yang dilakukan didapatkan data yang telah dibuat menjadi sebuah grafik seperti ditampilkan pada Gambar 5.



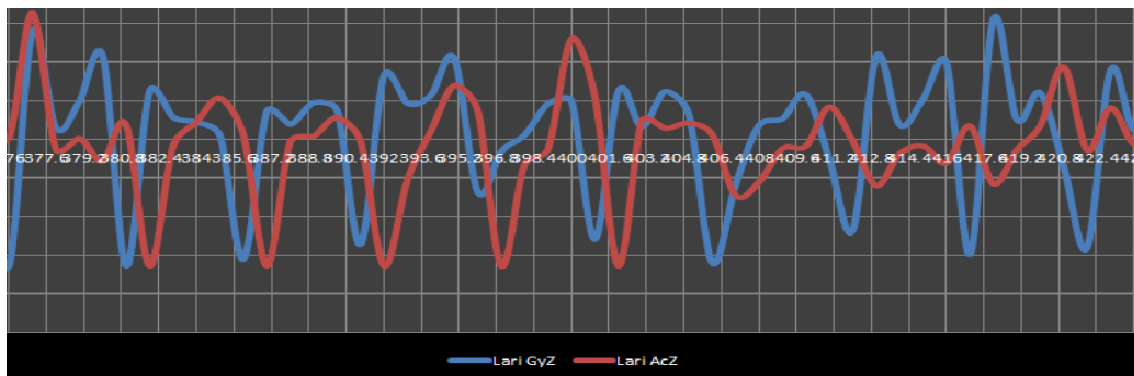
Gambar 5. Grafik aktivitas Lari Sumbu X Accelerometer dan Gyroscope

Pada Gambar 5. didapatkan nilai X yang dihasilkan oleh sensor *gyroscope* dan sensor *accelerometer* sebagai sensor fusion yang nantinya akan terlihat *correlation* dan *regression*.



Gambar 6. Grafik aktivitas Lari Sumbu Y Accelerometer dan Gyroscope

Gambar 6 menunjukkan nilai Sumbu Y yang dihasilkan oleh sensor *gyroscope* dan sensor *accelerometer* sebagai sensor fusion.

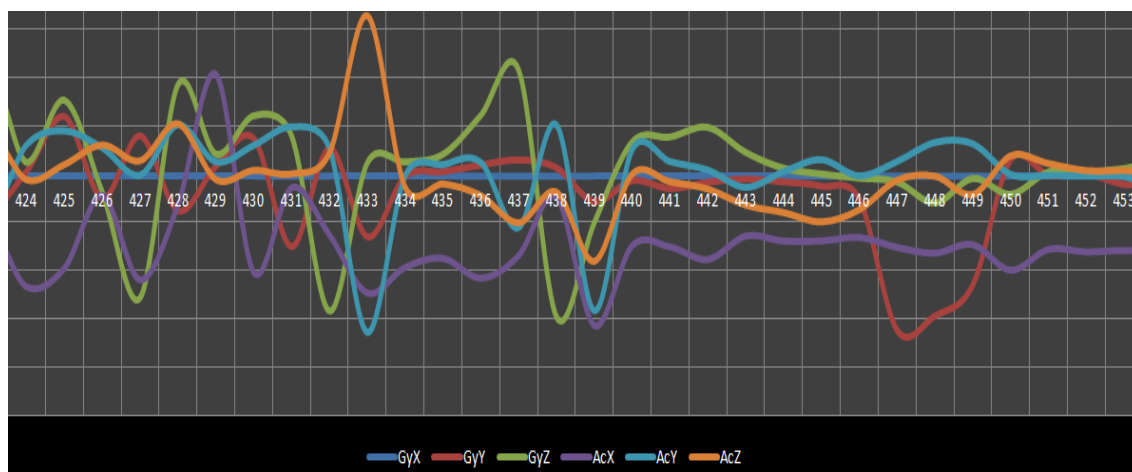


Gambar 7. Grafik aktivitas Lari Sumbu Z Accelerometer dan Gyroscope

Gambar 7 menunjukkan nilai Z yang dihasilkan oleh sensor *gyroscope* dan sensor *accelerometer*.

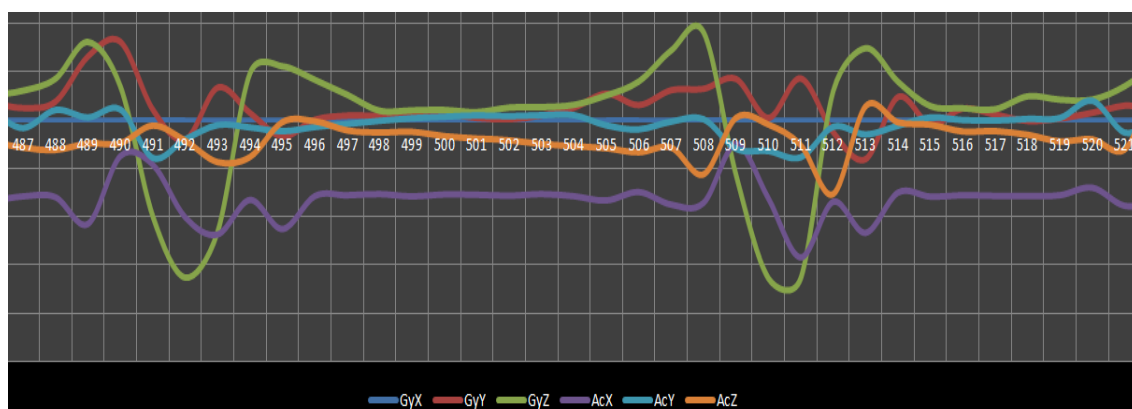
### 3.3. Perubahan Kinematik

Pada perubahan kinematik menjelaskan tentang perubahan yang terjadi pada saat melakukan aktivitas secara keseluruhan. Aktivitas yang dilakukan adalah lari, jalan santai, jalan ditempat, dan jalan cepat. Berikut grafik yang dihasilkan masing-masing aktivitas. Pada aktivitas lari tersebut dilakukan dengan durasi  $\pm 2$  menit. Berikut grafik yang dihasilkan pada aktivitas lari.



Gambar 8. Grafik aktivitas Lari Sumbu X,Y,Z Accelerometer dan Gyroscope

Pada aktivitas jalan santai tersebut dilakukan dengan durasi  $\pm 2$  menit. Berikut grafik yang dihasilkan pada aktivitas jalan santai.



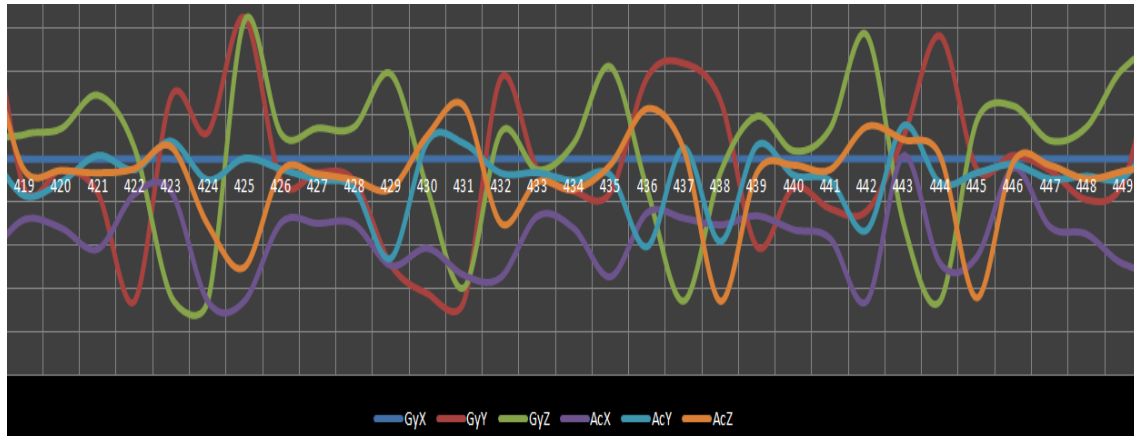
Gambar 9. Grafik aktivitas Jalan Santai Sumbu X,Y,Z Accelerometer dan Gyroscope

Pada aktivitas jalan cepat tersebut dilakukan dengan durasi  $\pm 2$  menit. Berikut grafik yang dihasilkan pada aktivitas jalan cepat. Dapat dilihat bahwa pergerakan pada saat melakukan aktivitas lari, jalan santai, jalan cepat, dan jalan ditempat memiliki grafik yang menunjukkan naik turunnya grafik sangat tinggi. Pada grafik yang dihasilkan oleh sensor *gyroscope* menunjukkan bahwa pergerakan tersebut stabil dan naik turun grafik tidak terlalu tinggi dibandingkan dengan sensor *accelerometer* yang menunjukkan naik turun grafik sangat tinggi. Sensor *accelerometer* sangat signifikan dalam proses untuk pengukuran perubahan kinematik tersebut. Sensor *accelerometer* juga sangat signifikan dalam sensor fusion

### 4. Kesimpulan

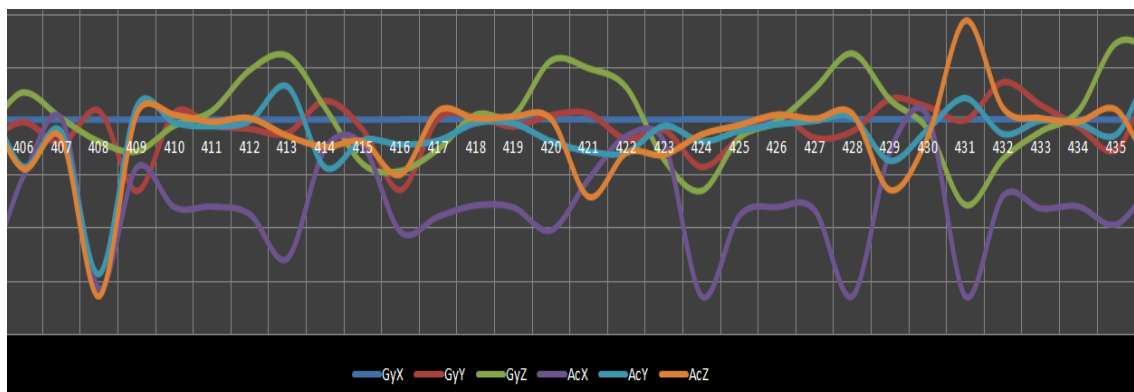
Dengan penggabungan sensor (sensor fusion) antara sensor *gyroscope* dan sensor *accelerometer* dapat memberikan data untuk perhitungan perubahan kinematik yang terjadi pada saat melakukan suatu aktivitas hasil dari perubahan kinematik tersebut memiliki orientasi yang sama dan dapat menunjukkan perubahan pergerakan secara signifikan. Data yang

dihasilkan oleh sensor gyroscope dan sensor *accelerometer* memiliki hubungan korelasi antara keduanya. Perubahan yang terjadi pada sensor *accelerometer* memiliki perubahan sangat signifikan dalam sensor fusion. Perubahan yang terjadi didalam perubahan kinematik menunjukkan perubahan yang signifikan didalam pergerakan.



Gambar 10. Grafik aktivitas Jalan Cepat Sumbu X,Y,Z Accelerometer dan Gyroscope

Pada aktivitas jalan ditempat tersebut dilakukan dengan durasi  $\pm 2$  menit. Berikut grafik yang dihasilkan pada aktivitas jalan tempat.



Gambar 11. Grafik aktivitas Jalan Ditempat Sumbu X,Y,Z Accelerometer dan Gyroscope

## Refrensi

- [1] Sumartiningsih, Sri. (2012). Cedera Keseleo pada Pergelangan Kaki (Ankle Sprains).
- [2] Kusuma, Wahyu A. (2013). Sistem Interaksi Alami Menggunakan Sensor Kamera Kedalam Citra dengan Mendeteksi Gerakan Kerangka Kinematik Manusia. Jurusan Teknik Informatika-ITS. Thesis.
- [3] Mayagoitia, Ruth E., Anand V. Nene, and Peter H. Veltink. "Accelerometer and rate gyroscope measurement of kinematics: an inexpensive alternative to optical motion analysis systems." *Journal of biomechanics* 35.4 (2002): 537-542.
- [4] Euston, Mark, et al. "A complementary filter for attitude estimation of a fixed-wing UAV." *Intelligent Robots and Systems, 2008. IROS 2008. IEEE/RSJ International Conference on.* IEEE, 2008.
- [5] Kangas, Maarit, et al. "Comparison of low-complexity fall detection algorithms for body attached accelerometers." *Gait & posture* 28.2 (2008): 285-291.